

Отзыв

на автореферат диссертации Болдырева Николая Алексеевича на тему «Ослабление отраженной СВЧ волны структурой планарного метаматериала, содержащего тонкие пленки», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. – Радиофизика.

В последнее время разработке радиопоглощающих и рассеивающих покрытий, которые способны обеспечить эффективное поглощение электромагнитной энергии уделяется большое внимание. Они широко используются в современной индустрии с целью противолокационной маскировки объектов, для организации испытательных безэховых камер, испытательных стендов, в радиотехническом оборудовании, и в высокочастотных системах связи. Благодаря особенностям своей структуры, радиопоглощающие материалы создаются в разных конфигурациях и размерах, что позволяет монтировать их на любые поверхности.

Однако традиционные радиопоглощающие материалы на основе ферритовых и углеродных композитов имеют ряд недостатков, которые связаны со значительной толщиной эффективного слоя, составляющего порядка четверти длины волны, они имеют большую удельную массу и достаточно узкую полосу рабочих частот, что зачастую ограничивает их применение в ряде случаев.

Альтернативным подходом для решения подобных задач является применение планарных метаповерхностей, которые являются сформированными периодическими структурами из резонаторов субволновых размеров, позволяющих изменять амплитуду, фазу и пространственное распределение отраженных электромагнитных волн за счет резонансного взаимодействия с элементами матрицы. Метаповерхности привлекательны за счет малой толщины, технологичности изготовления и возможности перестройки рабочего диапазона. Развитием метаповерхностей является применение комбинированных рассеивающих метаструктурных элементов с резистивными поглощающими слоями. Особый интерес представляют нанометровые металлodieлектрические пленки с заданным поверхностным сопротивлением, они могут быть интегрированы в состав многослойного покрытия без существенного увеличения его толщины и массы.

В связи с этим, диссертационная работа Болдырева Николая Алексеевича, посвященная исследованию электродинамических процессов взаимодействия СВЧ волн К-диапазона с планарными метаструктурами и нанометровыми металлodieлектрическими пленками, разработке многослойного ослабляющего покрытия, обеспечивающего ослабление отраженной волны от проводящей поверхности является **актуальной**.

В процессе работы автор получил ряд **новых** научных результатов, из которых наибольший интерес представляют следующие:

- впервые реализовано комбинированное ослабляющее покрытие К-диапазона, включающее в себя рассеивающие планарные метапокрытия и резистивные нанометровые пленки алюминия, экспериментально подтверждено преимущество данного покрытия для снижения величины отраженной мощности от проводящих объектов;

- теоретически обоснован и экспериментально подтвержден механизм фазового сдвига, реализующийся в сложносоставной метаповерхности из последовательных резонаторов с параллельным резистивным поглощающим слоем;

- установлено, что частотная характеристика двусоставных шахматных метаповерхностей является суперпозицией частотных свойств составляющих однонаправленных элементов, что позволяет управлять полосой и глубиной ослабления путем изменения симметрии элементарной ячейки и их пространственной ориентации.

Достоверность полученных результатов и вынесенных на защиту научных положений подтверждена:

- применением современных высокоточных аппаратно- программных комплексов и измерительной методологической базы.

- апробацией результатов исследований на конференциях и в рецензируемой научной печати.

Значение работы Болдырева Н. А. для науки и практики состоит в следующем:

- разработанный автором метод добавления резистивного поглощающего слоя позволит повысить эффективность защитных метапокрытий путем минимизации боковых лепестков диаграммы рассеяния, а также дополнительно ослабить нормальную составляющую отраженной от проводящей поверхности волну;

- предложена оптимальная форма комбинированного ослабляющего покрытия К-диапазона, состоящая из спиралевидных планарных метаструктур и поглощающих пленок алюминия, позволяющих ослаблять отраженную волну.

В качестве **замечания** следует отметить, следующее:

На рис. 4 автореферата приведены результаты численного моделирования частотной характеристики спиралевидной треугольной метаструктуры. Однако из автореферата не ясно, почему происходит уменьшение амплитуды последующих частотных пиков.

Однако указанное замечание не снижает ценность работы. В целом диссертационная работа является завершенным научным исследованием, содержащим новые научные результаты, имеющие существенное значение для разработки новых типов поглощающих покрытий.

Автореферат достаточно полно отражает опубликованные работы автора. Судя по содержанию автореферата, диссертационная работа Болдырева Николая Алексеевича полностью удовлетворяет требованиям п.п.9-11, 13, 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842 с изменениями и дополнениями. Автор работы заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.4. – Радиофизика.

д.т.н., доцент, заведующий кафедрой
«Электронные приборы и устройства»
Федерального государственного
бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Саратовский государственный
технический университет имени
Гагарина Ю.А.», 410054, г. Саратов, ул.
Политехническая, 77, +7-8452-99-88-29,
alexm@sstu.ru

А.Ю. Мирошниченко

Подпись Алексея Юрьевича Мирошниченко заверяю

